



C.104/2015 – GP

Brasília, 27 de abril de 2015.

Ao

Fernando Castanheiro

Subsecretaria de Desenvolvimento Sustentável

Secretaria de Assuntos Estratégicos

Presidência da República

Prezado Senhor,

Em conformidade com a Carta de Acordo nº 25760/2014 na qual estabelece parceria entre o PNUD e a Fundação Eliseu Alves para a elaboração de pesquisas, a condução de grupos de discussão e a elaboração de subsídios técnicos conclusivos relacionados à área temática de Adaptação às Mudanças do Clima, vimos pela presente oficializar a entrega do relatório referente ao sexto produto "Adaptação às mudanças do clima: Cenários e Alternativas - Agricultura".

Sem mais para o momento subscrevemo-nos ao inteiro dispor de Vossas Senhorias, para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente,

Claudio Humberto Amancio
Gerente de Projetos



FUNDAÇÃO ELISEU ALVES



FUNDAÇÃO ELISEU ALVES

Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas – Agricultura

CARTA DE ACORDO Nº 25760/2014

Fundação Eliseu Alves

Análise de vulnerabilidades econômicas do sistema de produção

das principais culturas brasileiras

(Produto 6)

Equipe Executora e Autora:
(em ordem alfabética)

LMA / CNPTIA / Embrapa:

Alan Massaru Nakai

Aryeverton Fortes de Oliveira

Giampaolo Queiroz Pellegrino

Guilherme dePaula

Eduardo Delgado Assad

José Eduardo B. de A. Monteiro

Consultores:

Eduardo Pavão

Campinas - SP

Abril de 2015



FUNDAÇÃO ELISEU ALVES

Sumário

1. CONTEXTO	3
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA A ANÁLISE DE IMPACTOS ECONÔMICOS NOS CENÁRIOS AGRÍCOLAS FUTUROS	4
3. RESULTADOS	5
3.1. PRODUÇÃO DE LAVOURAS TEMPORÁRIAS NO BRASIL	6
3.2. VULNERABILIDADE ECONÔMICA NO BRASIL NOS CENÁRIOS FUTUROS 2011-2040	7
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
5. BIBLIOGRAFIA UTILIZADA	16



1. CONTEXTO

O projeto “BRASIL 3 TEMPOS” BRA/06/032, executado pela Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR), tem como objetivo desenvolver estratégias e ações nacionais que subsidiem o governo na formulação e implementação de políticas públicas de longo prazo que promovam o crescimento econômico do país, acompanhado de inclusão social. Essas ações serão realizadas por meio de estudos, produtos e eventos sobre temas de grande importância para o planejamento estratégico brasileiro. Para tanto, o projeto foca no tema da Adaptação às Mudanças Climáticas.

A agricultura tem um papel importante nesse contexto, pois é fortemente impactada pela mudança climática. Devido à enorme importância do setor agrícola na economia do País, é preciso melhor conhecer os efeitos e as opções de adaptação do setor agrícola às mudanças do clima no Brasil. Dessa forma, a SAE/PR propôs uma avaliação dos prováveis impactos de diferentes cenários climáticos para o Brasil, bem como as estratégias alternativas de adaptação em um horizonte de 30 anos (2010-2040). A fim de concretizar essa proposta, uma série de ações foram organizadas a fim de produzir os dados e informações necessárias, conforme listado na Tabela 1.

Este documento, em particular, se restringe à análise de vulnerabilidade econômica do sistema de produção das principais culturas brasileiras, na comparação do período de referência (1976-2005) com os cenários do período 2011-2040 (Produto 6).

Tabela 1. Ações em execução previstas na carta de acordo de cooperação técnica 25760/2014, “Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas – Agricultura”.

Ação / Produto	Produto esperado / Forma de entrega dos resultados
1	Linha de base de produção agropecuária e alocação de terra para o período 2010-2040.
2	Relatório referente à preparação do simulador de cenários de cultura para a utilização de modelos climáticos regionalizados.
3	Relatório da simulação dos cenários para as principais culturas brasileiras em 2040.
4	Relatório de análise comparativa das culturas nos cenários simulados para 2040 em relação à condição atual.
5	Relatório de análise de produção agropecuária e alocação de terra com mudança do clima, para 2040, a partir de modelo econômico.
6	Análise de vulnerabilidade econômica do sistema de produção das principais culturas brasileiras.
7	Relatório de análise das possíveis medidas adaptativas identificadas.
8	Relatório final.



2. ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA A ANÁLISE DE IMPACTOS ECONÔMICOS NOS CENÁRIOS AGRÍCOLAS FUTUROS

Adicionalmente às estimativas de impactos no risco climático, dado que a agricultura é uma atividade de risco elevado e que um número considerável de agentes acessam o seguro e o crédito rural no Brasil segundo sua exposição ao risco climático, buscou-se avaliar neste relatório os impactos das mudanças climáticas foram estimados em termos do número de estabelecimentos agropecuários, área colhida, valor bruto da produção e quantidade produzida para produtos analisados no relatório 4. Foi implementado um modelo ricardiano, proposto por MENDELSON e DINAR (2010) para avaliar os impactos dos modelos regionais sobre os preços das terras. O modelo foi implementado através de um trabalho com os microdados do Censo Agropecuário de 2006, construído através de um projeto de cooperação técnica entre a Embrapa e a Universidade de Yale. Os impactos das mudanças no clima foram introduzidos no modelo através de uma estimativa das variações de médias de temperatura e precipitação de estações do ano, especificadas na equação ricardiana. O modelo ricardiano supõe que os produtores maximizam o valor econômico da terra com modificações de culturas, insumos e tecnologias, não sendo possível, desta maneira, explicitar a forma como ocorre a mudança do uso das terras para se chegar ao impacto em preços. A associação entre preços das terras e variáveis climáticas, pedológicas, características dos estabelecimentos e de seus proprietários, logísticas e econômicas é direta na equação ricardiana.

Foi realizada uma comparação de resultados para aferir a consistência dos métodos de avaliação de impactos, calculando-se a variação no número de culturas de baixo risco em cada cenário das rodadas do modelo ETA em relação ao período base, averiguando se há algum tipo de associação que explique a mudança no valor das terras a partir de variações no número de alternativas de cultivos.

Para se ter uma dimensão do impacto social que as mudanças nas classificações de riscos podem produzir, foi realizado o cruzamento de informações do Censo Agropecuário de 2006 com os dados gerados no projeto. Uma divisão entre produtores familiares e não familiares foi realizada.

O processamento envolveu a conversão de todos os elementos poligonais de arquivos geográficos gerados no projeto para elementos matriciais, possibilitando um



cruzamento de informações com os dados censitários. O processamento em sistema de informações geográficas possibilitou a verificação da consistência das informações produzidas na escala detalhada do primeiro produto com a escala municipal, utilizada para a divulgação do Censo Agropecuário.

Os resultados são aproximações baseadas no pressuposto de que a tecnologia de produção é dada e que as atuais escolhas de produção não envolvem a substituição de produtos. É necessário considerar os resultados como uma sinalização de atenção, mostrando a vulnerabilidade do produtor quanto à exposição ao risco de produção devido suas escolhas atuais. Logicamente, mudanças no comportamento devem ocorrer em longo prazo pelos próprios agentes, gerando uma adaptação autônoma às adversidades, bem como a adaptação induzida por mudanças externas aos atuais sistemas de produção.

Este trabalho deve avançar com o cruzamento de mais informações do Censo Agropecuário, mas deve ser considerado também que há uma defasagem considerável no último levantamento, em 2006, e que desde lá o ambiente econômico e demográfico deve ter induzido mudanças na produção agropecuária e, conseqüentemente, na vulnerabilidade da agricultura. Outros modelos estão em teste e devem contribuir com melhores informações até o relatório final do projeto.

3. RESULTADOS

Foram organizadas as tabelas apresentadas para o país e suas regiões com os valores: (a) da área plantada de cada cultura, de acordo com os dados do IBGE de 2012 e que porcentagem ela representa da área legal agricultável (ALA); (b) do total de área agricultável de baixo risco climático para o período de referência, que vai de 1976 a 2005 e está centrado em 1990 (A90), e que porcentagem ela representa da ALA; (c) dos totais de área agricultável de baixo risco climático e da variação percentual em relação ao período de referência estimados, para os cenários futuros (2011-2040) dos modelos HadGen2-ES e MIROC5, RCP¹ 4.5 e 8.5; (d) das diferenças de variação percentual de área entre os dois RCPs de cada modelo e entre os dois modelos.



3.1. *Produção de lavouras temporárias no Brasil*

Grande parte do valor bruto da produção da agricultura brasileira está concentrado nas commodities avaliadas neste relatório. As condições de risco climático afetam tanto as escolhas de atores nas cadeias produtivas quanto as políticas de crédito rural, sendo importante entender como os aspectos climáticos podem estar determinando as escolhas. Restrições e decisões estratégicas de uso das terras e de alocação do capital e do trabalho no campo devem surgir em função de fatores institucionais, econômicos e, no caso deste estudo, ambientais. No agronegócio moderno as decisões que alocação dos fatores terra, capital e trabalho na produção são tomadas com apoio de mecanismos financeiros e de gestão de risco que envolvem contratos de transferência de risco de produção, determinado em grande parte pelas condições climáticas, e de mercado, ditado pelas oscilações de preços.

Todos os elementos discutidos anteriormente são essenciais para o entendimento de que o problema da vulnerabilidade às mudanças no clima envolve uma percepção da alteração no padrão climático, da exposição e da sensibilidade dos agentes às mudanças e da capacidade adaptativa, que deve ser criada dentro e fora dos sistemas de produção para lidar com a nova realidade climática. A tecnologia será um elemento essencial para adaptação da produção, definindo a escolha de produtos e de insumos. A transformação climática implica a priorização de adaptações tecnológicas para a geração de alternativas em áreas de alto risco. No entanto, é legítimo identificar regiões que podem apresentar melhorias e otimizar seu desempenho, protegendo a oferta global de produtos e a melhoria das condições de produção. A redução da vulnerabilidade, envolvendo a construção coerente de sistemas de produção agropecuários, adaptados para um clima futuro, que devem ser resultados de ações cuidadosamente planejadas e propostas à luz de cenários climáticos futuros.

Os dados dos modelos climáticos HadGen2-Es e Miroc5 sinalizam elevações em temperaturas mais acentuadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. As elevações, além de impactos diretos no crescimento das culturas, são persistente e interferem diretamente nas alternativas de cultivos para as regiões. Apesar da plasticidade que o material genético apresenta, o stress sobre várias alternativas de cultivo deve impactar a produção de maneira não linear, atingindo limites fisiológicos que reduzem as



possibilidades de adaptação de sistemas de produção através da substituição das culturas. Mudanças nos padrões de precipitação devem alterar fases de plantio e cultivos em sucessões safrinha-safrinha, reduzindo as possibilidades de plantio com risco climático reduzido. Os cenários climáticos dos Modelos ETA-HadGen2-ES e Miroc5 revelam a aumentos médios de precipitação em algumas regiões que amenizam efeitos deletérios da temperatura elevada, mas a incerteza na variável precipitação é maior que a incerteza sobre a variável temperatura.

O produto 4 indicava riscos nas regiões do semiárido brasileiro, Minas Gerais, Espírito Santo. Os estados da região Sul do Brasil também eram apontados como regiões de risco mais elevado, mas também com possibilidades de beneficiar-se de temperaturas um pouco mais elevadas, apesar do risco elevado de veranicos prejudicarem o desempenho durante a safra. O Mato Grosso do Sul era apontado como uma região de risco elevado devido à distribuição irregular de chuvas.

Os cenários climáticos dos modelos Eta-HadGen2 ES e Eta-Miroc5 apresentam particularidades em termos de alteração do regime de chuvas, que podem ter impactos positivos na redução de risco das culturas e nas possibilidades de cultivo abertas aos produtores. Este tipo de resultado deve ser criticado devido à incerteza desta variável, e os prognósticos gerados neste estudo devem apresentar ressalvas quanto à precisão do resultado em nível municipal. No entanto, mudança no regime de chuvas muito dificilmente compensará danos generalizados de elevações de temperatura, sendo que o quadro geral formado pelas informações climáticas mostra que os impactos climáticos devem gerar ganhadores e perdedores em termos produtivos e econômicos. As indicações de alterações nos preços das terras têm um caráter que ultrapassa o sentido patrimonial deste bem. Nesse contexto, seu preço reflete um processo de maximização de lucro esperado com diversas alternativas de produção nas localidades estudadas.

3.2. Vulnerabilidade econômica no Brasil nos cenários futuros 2011-2040

Os resultados do produto 4 foram compatibilizados com a escala municipal e cruzados com os dados do Censo Agropecuário de 2006, gerando resultados apresentados na Tabela 1. Os resultados indicam que o modelo ETA-HadGen2-ES apresenta potencial de impactar negativamente mais culturas e em maior intensidade, em termos gerais. Sinaliza



maior área plantada, maior quantidade produzida e maior valor da produção atingidos negativamente. É sinalizado também um maior número de estabelecimentos que produzem as culturas, tanto na agricultura familiar quanto não familiar.

O número de estabelecimentos da agricultura familiar atingidos tende a ser significativamente maior, logicamente, devido à grande quantidade de sistemas produtivos. Há uma tendência de predominarem impactos negativos nos resultados do modelo Eta-HadGen2, em comparação com os resultados do modelo ETA-MIROC5. A vulnerabilidade da agricultura familiar apresenta o agravamento de um número proporcionalmente maior de estabelecimentos serem atingidos em relação à área colhida, quantidade produzida e valor da produção expostos aos impactos negativos do clima.

O arroz é uma cultura que apresenta impactos negativos em todos os cenários e variáveis, para a agricultura familiar e não familiar. Para a soja e o milho, no entanto, os impactos negativos podem ser significativos sobre a soja e o milho, sinalizando que a mudança climática apresenta uma situação de vulnerabilidade significativa para essas alternativas de produção. Investir em alternativas de produção, seja através de variedades melhoradas, tecnologias alternativas de produção e desenvolvimento de mecanismos para gestão de risco nessas culturas deve ser prioridade. Além das vulnerabilidades introduzidas pelas mudanças nas médias de temperatura e de precipitação, prevê-se mudanças nas condições climáticas em extremos de precipitação, por exemplo, sendo este elemento de vulnerabilidade não modelado de forma suficiente nos modelos climáticos de forma a introduzi-los nas simulações.

A cana aparenta ser uma alternativa de produção para situações de aquecimento. É necessário considerar, no entanto, que esta alternativa requer um arranjo de produção diferente em relação aos grãos. Há forte integração entre as fases industrial e agrícola, levando à necessidade de desenvolver estratégias integradas de tomada de decisão e planejamento de recursos de investimento significativos nas fases industrial e agrícolas. A vulnerabilidade da produção canavieira afeta diretamente os produtores rurais e a indústria sucroenergética, sendo necessário articular esses atores para promoção de alternativas sustentáveis de produção.



Tabela 1 -Totalização das variações de impactos positivos e negativos para a agricultura não familiar

	ETA-HadGen2 RCP 4.5	ETA-HadGen2 RCP 8.5	ETA-MIROC5 RCP 4.5	ETA-MIROC5 RCP 8.5
Área colhida (hectares)				
algodão	-20.528	-25.872	15	0
Arroz	-40.853	-84.880	-23.808	-15.343
Cana	-71.854	-130.708	38.684	38.610
feijão	-137.063	-192.227	14.557	169.511
milho	-2.329.505	154.420	595.863	281.476
Soja	-6.293.099	-7.091.671	-3.516.899	2.448.581
sorgo	-13.146	-14.295	-696	-2.025
Trigo	-291.446	-313.047	72.926	-91.677
Número de estabelecimentos				
algodão	-1.013	-1.021	8	-3
arroz	-5.228	-8.760	-2.879	-3.261
Cana	3.719	454	10.171	10.134
feijão	-16.679	-21.943	6.714	53.007
milho	-55.472	25.092	2.605	-2.513
Soja	-30.935	-31.884	-23.448	15.630
sorgo	-1.938	-2.013	-144	-191
Trigo	-2.773	-2.942	557	-708
Quantidade produzida (toneladas)				
algodão	-53.465	-73.243	9	3
arroz	-142.616.347	-269.869.304	-105.799.812	-58.602.103
cana	-3.159.563	-6.013.299	2.479.665	2.479.350
feijão	-217.923.507	-310.629.886	-5.687.882	91.264.983
milho	-10.463.358.301	-23.732.827	2.024.078.833	589.980.802
soja	-16.196.840.893	-18.280.300.418	-8.936.677.800	5.818.856.055
sorgo	-13.419	-15.213	-539	-2.460
trigo	-514.260.388	-562.624.615	116.756.734	-144.442.535
Valor da produção (Mil reais de 2006)				
algodão	-2.034	-2.034	1	1
arroz	-77.003.147	-134.396.623	-40.758.453	-21.973.238
cana	59.245	38.708	66.022	66.022
feijão	-202.651.751	-283.806.976	6.255.583	66.338.933
milho	-2.798.116.972	-7.767.786	466.417.212	29.542.175
soja	-7.068.496.971	-8.058.614.478	-3.924.236.565	2.493.739.689
sorgo	-154	-155	-3	-3
trigo	-205.097.925	-224.540.809	44.539.409	-55.752.020



Tabela 2 - Totalização das variações de impactos positivos e negativos para a agricultura familiar

	ETA-HadGen2 RCP 4.5	ETA-HadGen2 RCP 8.5	ETA-MIROC5 RCP 4.5	ETA-MIROC5 RCP 8.5
Área colhida (hectares)				
algodão	-9.662	-9.489	802	176
arroz	-54.487	-98.112	-36.254	-38.839
Cana	3.181	-12.285	33.122	32.986
feijão	-183.998	-195.688	174.661	1.258.932
milho	-1.174.476	545.197	37.693	-69.494
soja	-1.439.734	-1.462.785	-1.294.282	1.156.213
sorgo	-21.736	-23.021	-2.787	-3.264
trigo	-92.972	-95.454	9.758	-17.640
Número de estabelecimentos				
algodão	-4.401	-4.339	275	70
arroz	-40.906	-69.219	-25.546	-29.961
cana	29.546	20.666	52.008	51.867
feijão	-112.568	-131.744	68.340	470.463
milho	-251.637	228.439	-21.225	-18.713
soja	-87.734	-87.908	-78.894	82.687
sorgo	-7.801	-8.002	-1.090	-1.243
trigo	-5.078	-5.224	514	-859
Quantidade produzida (toneladas)				
algodão	-5.470	-5.458	568	57
Arroz	-125.136.192	-240.570.907	-103.772.104	-96.420.318
Cana	209.848	-204.543	849.432	848.235
feijão	-75.577.674	-86.330.853	18.895.102	723.763.959
milho	-4.395.452.927	621.733.381	197.054.446	-411.231.918
Soja	-3.648.804.152	-3.706.476.006	-3.282.734.884	2.415.249.094
Sorgo	-17.516	-19.596	-1.635	-2.059
Trigo	-139.594.586	-143.927.546	14.484.682	-27.353.423
Valor da produção (Mil reais de 2006)				
algodão	-3.972	-3.958	182	35
arroz	-61.071.844	-116.842.661	-45.627.383	-43.871.172
cana	48.552	26.559	94.968	94.890
feijão	-98.457.905	-124.238.566	47.634.910	573.614.096
milho	-1.173.429.406	223.707.650	39.279.383	-129.169.711
soja	-1.571.677.207	-1.591.384.030	-1.411.246.702	1.006.149.431
sorgo	-4.311	-4.675	-376	-476
trigo	-53.179.795	-54.808.565	5.653.653	-10.278.143

A Figura 1 revela espacialmente um saldo no número de culturas com alterações favoráveis, isto é, tornaram-se baixo risco no cenário futuro, e desfavoráveis, que se tornaram de alto risco no cenário futuro em relação ao presente. Esta síntese serve para comparação e mostra que as alternativas de produção devem ser restringidas no cenário futuro. Os produtores possuirão, destarte, redução em suas possibilidades de produção com risco baixo em comparação com os padrões climáticos atuais.



A situação revela que perdas de possibilidades de produção tendem a ser mais acentuadas que ganhos. De maneira geral, os estados da região Sul tendem a apresentar algum ganho líquido de alternativas para a produção, especialmente no modelo MIROC-5. No Nordeste também há possibilidade de ganhos em regiões atingidas por chuvas, próximas ao litoral. Esta situação é bastante incerta, pois, há grande incerteza nos impactos das mudanças climáticas na distribuição de chuvas.

É preciso aprofundar o entendimento sobre os fatores climáticos que podem estar provocando esses benefícios. Alterações nos ciclos de fenômenos ENSO pode ser uma explicação, pois essas regiões são justamente as que apresentam resposta mais clara com relação à mudança no regime de chuvas.

Grande parte do semi-árido, regiões Norte, Centro Oeste e Sudeste, no entanto, devem apresentar perdas em termos de maior risco climático para a produção. Este resultado, comparado com as alterações esperadas no valor das terras, apresentado na Figura 2, mostra uma tendência similar para os impactos.



Eta-MIROC5

RCP 4.5



RCP 8.5

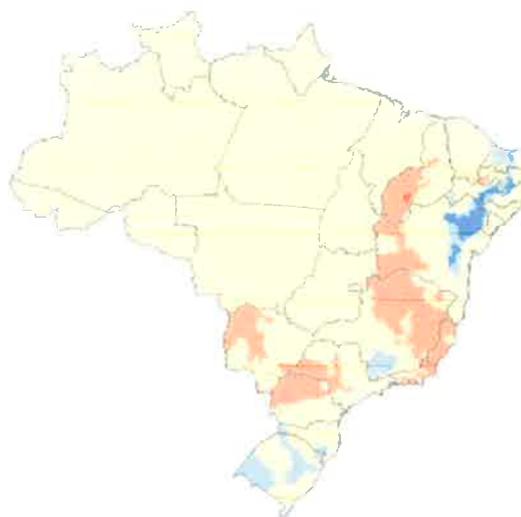


Eta-HadGen2

RCP 4.5



RCP 8.5



Legenda

Varição no número de culturas de baixo risco





FIGURA 1 – Variação no número de culturas de baixo risco climático:

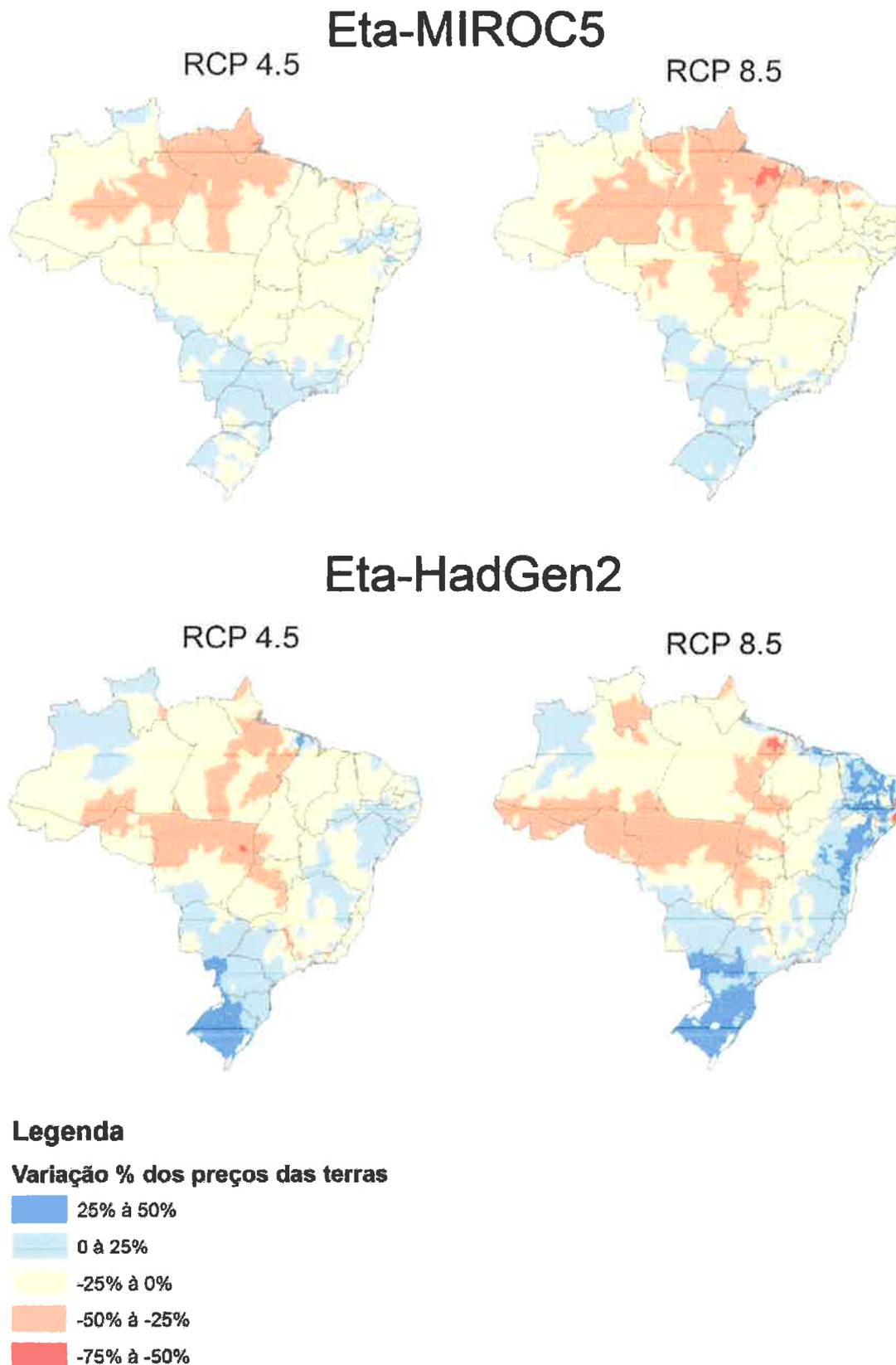




FIGURA 2 – Variação percentual dos preços das terras

Código UF	Unidade da Federação	ETA-MIROC5 RCP 4.5	ETA-MIROC5 RCP 8.5	ETA-HADGEN2ES RCP 4.5	ETA-HADGEN2ES RCP 8.5
11	Rondônia	-11%	-16%	-23%	-34%
12	Acre	-14%	-16%	-20%	-27%
13	Amazonas	-24%	-23%	-13%	-13%
14	Roraima	-10%	-8%	-6%	-22%
15	Pará	-30%	-35%	-21%	-21%
16	Amapá	-38%	-36%	-24%	-8%
17	Tocantins	-14%	-18%	-18%	-26%
21	Maranhão	-16%	-23%	-13%	-2%
22	Piauí	-11%	-14%	-8%	-3%
23	Ceará	-7%	-19%	-6%	22%
24	Rio Grande do Norte	-11%	-18%	-4%	21%
25	Paraíba	-2%	-7%	-1%	-26%
26	Pernambuco	2%	0%	3%	-43%
27	Alagoas	-1%	-2%	6%	-18%
28	Sergipe	-2%	-9%	9%	17%
29	Bahia	-5%	-5%	1%	16%
31	Minas Gerais	0%	-3%	-7%	2%
32	Espírito Santo	0%	-1%	-4%	6%
33	Rio de Janeiro	3%	0%	-9%	4%
35	São Paulo	4%	1%	1%	10%
41	Paraná	4%	5%	16%	27%
42	Santa Catarina	2%	7%	23%	38%
43	Rio Grande do Sul	-2%	7%	32%	44%
50	Mato Grosso do Sul	4%	2%	11%	17%
51	Mato Grosso	-10%	-15%	-20%	-25%
52	Goiás	-11%	-17%	-21%	-23%
53	Distrito Federal	-9%	-13%	-27%	-26%

Tabela 2 – Variação percentual dos preços das terras por Unidade da Federação

Reduções de valor das terras apresentam variações percentuais negativas e aumentos apresentam valores positivos, conforme mostra a tabela 2. Os impactos nos valores das terras refletem a piora de expectativas para produção. O valor econômico das terras relaciona-se diretamente com a expectativa de retorno da produção, e com a elevação dos riscos, espera-se redução nos preços das terras.

Os resultados obtidos no modelo HadGen2-ES, no entanto, parecem ser menos severos que os do modelo MIROC-5 em várias situações. Esta avaliação contrariam um pouco o que sinalizam as avaliações baseadas nos modelos de culturas. Este alinhamento não deve



ser perfeito, necessariamente, pois os benefícios econômicos devem considerar efeitos de preços sobre as taxas de retorno, além de efeitos da alteração nas quantidades produzidas. Preços de insumos, acesso a mercados, características dos estabelecimentos agropecuários, condições edáficas e topológicas foram introduzidas nas avaliações econômicas como variáveis de controle, e o valor das terras estudado inclui também estabelecimentos agropecuários que produzem outras culturas.

Este trabalho deve evoluir para melhor acoplar os modelos. Os modelos econômicos ricardianos são considerados, no entanto, otimistas, por partirem de um pressuposto de que os produtores agem de forma racional quanto às escolhas de culturas, insumos e outros aspectos da produção.

Contudo, a tabela 2 mostra que mesmo esta modelagem conservadora sinaliza para efeitos deletérios e positivos acontecendo de forma desigual. Ganhadores e perdedores devem ser continuamente identificados e suas vulnerabilidades compreendidas para a produção da sustentabilidade na produção.

Figura 1. Variação percentual da área legal agricultável (potencial) de baixo risco climático no Brasil, para soja, milho, milho safrinha, arroz e feijão, nos cenários futuros (2011-2040) dos modelos HadGen2-ES e MIROC5, RCP 4.5 e 8.5.

4. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As modificações no uso das terras depende de fatores climáticos, tecnológicos, alocativos dos fatores de produção capital e trabalho e do desenvolvimento do agronegócio. As tendências apresentadas neste relatório partem parametrizações de modelos sujeitas às condições iniciais que tendem a se alterar ao longo do tempo e das escolhas que a sociedade pode tomar sobre seus recursos, afetando diretamente as possibilidades de adaptações às condições climáticas futuras. As vulnerabilidades de sistemas produtivos devem ser compreendidas em termos do risco de produção, como os resultados do produto 4 permitem inferir, mas os produtores exercem escolhas quanto ao que produzir que permitem uma maior flexibilidade para os sistemas de produção atuais. É preciso evoluir na investigação sobre a possibilidade de os impactos do clima sobre uma cultura serem amortecidos com a escolha de alternativas na produção, o que é um pressuposto dos modelos ricardianos para valoração dos impactos das mudanças climáticas.



Os resultados especializados, no entanto, mostram que a vulnerabilidade da produção agropecuária é expressiva, quer seja por avaliações de culturas individuais, pela avaliação da alteração no rol de possibilidades de produção ou pela alteração no valor das terras. Os números revelam impactos regionalizados bastante desfavoráveis para importantes regiões de produção no Centro-Oeste, no Norte e no Sudeste brasileiro. O Nordeste, região historicamente sujeita a problemas climáticos, deve haver uma pressão adicional sobre os estabelecimentos agropecuários que irá afetar a qualidade de vida de uma população ainda dependente de transferências governamentais, pressionando políticas públicas.

Os modelos HadGen2-ES e Miroc5 geram cenários que modificam o valor das terras de forma heterogênea no território nacional. Há uma alteração desigual do valor, decorrente principalmente das alteração das chuvas, desiguais ao longo do território.

Os impactos positivos e negativos para os modelos afetam estabelecimentos agropecuários especialmente da agricultura familiar, gerando problemas de natureza social e necessidade de olhar com atenção para a classe média rural nas regiões vulneráveis. O milho e o feijão podem ser alternativas importantes para este perfil de produtor.

Assim como no produto 4, os impactos mantém relação com a oferta hídrica nas regiões de produção. A eficiência no uso deste recurso deve ser fundamental e conciliada com as demandas urbana e energética. A pressão por este recurso pode limitar a produção e prejudicar rapidamente os sistemas irrigados no Brasil.

Com esses resultados, tem-se um intervalo relativamente abrangente de situações que podem, a partir das alterações já constatadas no presente, vir a se agravar no futuro. As recomendações de adaptação devem ser planejadas e dimensionadas com base nesses cenários possíveis. Com base nessas análises comparativas entre os impactos nas diferentes culturas analisadas, poder-se-ão realizar análises econômicas mais específicas e propor ações que promovam a sua adaptação, como está previsto para os produtos subsequentes.

5. BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

ADAMS, R. M. Global Climate Change and Agriculture: An Economic Perspective. **American Journal of Agricultural Economics**. vol. 71, n. 5, p. 1272-1279, 1989.

ANTLE, J.M.; CAPALBO, S.M. Econometric-Process Models for Integrated Assessment of



- Agricultural Production Systems. **American Journal of Agricultural Economics**. Vol. 83, No 2:389-401, 2001.
- ASTOLPHO, F. **Estimativa e mapeamento de probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas do ar adversas à agricultura paulista**. 2003. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2003.
- BORTHAKUR, D. The hadoop distributed file system: Architecture and design (2007). Disponível em: <http://hadoop.apache.org/common/docs/r0.18.0/hdfsdesign.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2014
- CÂMARA, G.; MEDEIROS J.S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de Informações Geográficas**. Aplicações na Agricultura, Brasília: EMBRAPA - CPA, 1998. p. 1-11.
- COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. **TIC domicílios e empresas 2013: Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e comunicação no Brasil**. Disponível em: <http://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_DOM_EMP_2013_livro_eletronico.pdf> Acesso em: 10 out. 2014.
- DEAN, J.; GHEMAWAT, S. Mapreduce: simplified data processing on large clusters, Commun. ACM 51 (2008) 107–113. DOI: <http://doi.acm.org/10.1145/1327452.1327492>. Acesso em: 24 set. 2014.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines to predicting water requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24**. FAO, Rome, 179 p., 1977.
- FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO. C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p. 415-421, 2001.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. WGII AR5: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Summary for Policymakers, 2014.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. WGII FAR: Climate Change: The IPCC Impacts Assessment Tegart, W.J. McG.; Sheldon, G.W.; Griffiths, D.C. (eds.). Australian Government Publishing Service, Camberra, Australia. 1990. 294 p.
- KAUFMANN, R. K.; SNELL; S. E.. A biophysical model of corn yield: integrating climatic and social determinants. **American Journal of Agricultural Economics**. v. 79, n. 1, p. 178-190, 1997.
- MARENGO, J.A.; BETTS, R.; NOBRE, C.A. et al. Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil. Centro de Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CST/INPE, Met Office Hadley Centre - MOHC (2011). Disponível em: <<http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/relatorioport.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.
- MENDELSON, R.; DINAR, A. **Climate Change and Agriculture: An Economic Analysis of Global Impacts, Adaptation and Distributional Effects**. New Horizons in Environmental Economics Series. Publisher Edward Elgar Publishing, 2010.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento>>



- agrícola>. Acesso em: 20 set. 2014.
- NORDHAUS, W. D. Economic aspects of global warming in a post-Copenhagen environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 107.26, 2010.
- ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. Geneva, 1989. (WMO. Technical document, n. 341; WCDP, n. 10).
- PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol.4, n.3, pp. 465-473, 2000.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária. 2002. 478p.
- PIDD, M. Why modelling and model use matter. *Journal of the Operational Research Society* v. 61, p. 14-24, 2011. doi:10.1057/jors.2009.141
- PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; JUNIOR, J. Z.; EVANGELISTA, S. R. M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H.; EVANGELISTA, B.; MARIN, F. R.; JUNIOR, C. M.; PELLEGRINO, G. Q.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Embrapa, São Paulo, 2008.
- RIJKS, D.; BARADAS, M.W. The clients for agrometeorological information. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 103, p. 27-42, 2000.
- ROSENZWEIG, C.; M.L. PARRY: Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367, 133, 1994.
- SENTELHAS, P.C.; MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos: Informações para uma agricultura Sustentável** In: **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. 1ª ed. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, v.01, p. 05-15, 2009.
- SEO, S. N. Economics of global warming as a global public good: Private incentives and smart adaptations. *Regional Sci Policy & Practice*: 83–95, 2013.
- SIVAKUMAR, M.V.K.; MOTHA, R.P. (eds.) **Managing Weather and Climate Risks in Agriculture**. Berlin: Springer, 2007. 288 p. il.
- Manabe, S.; Wetherald, R.T. On the distribution of climate change resulting from an increase in carbon content of the atmosphere. *Journal of Atmospheric Science*, v. 37, n. 1, pp. 99-118, 1980.
- YAMADA, E. S. M. **Zoneamento agroclimático da *Jatropha curcas* L. como subsídio ao desenvolvimento da cultura no Brasil visando à produção de biodiesel**. 2011. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-23052011-164645/>>. Acesso em: 25 set. 2014.

Claudio Humberto Amancio
Gerente de Projetos